



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Übersetzung der
europäischen Patentschrift**
⑨ **EP 0 980 522 B 1**
⑩ **DE 698 10 288 T 2**

⑤① Int. Cl.⁷:
G 01 N 33/28
G 01 N 27/22
G 01 R 27/26

DE 698 10 288 T 2

②① Deutsches Aktenzeichen: 698 10 288.6
②② PCT-Aktenzeichen: PCT/GB98/01321
②③ Europäisches Aktenzeichen: 98 920 648.7
②④ PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 98/050790
②⑤ PCT-Anmeldetag: 7. 5. 1998
②⑥ Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: 12. 11. 1998
②⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 23. 2. 2000
②⑧ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 18. 12. 2002
②⑨ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 6. 11. 2003

③⑩ Unionspriorität:
9709290 07. 05. 1997 GB
⑦③ Patentinhaber:
Lubrigard Ltd., Alphington, GB
⑦④ Vertreter:
Kreutz, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 80805 München
⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,
LU, MC, NL, PT, SE

⑦② Erfinder:
COLLISTER, John, Christopher, Dorset DT9 4PD, GB

BEST AVAILABLE COPY

⑤④ **ELEKTRISCHE MESSUNG DER ÖLQUALITÄT**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 698 10 288 T 2

German Translation of
European Patent No. 0980522
Deutsche Übersetzung der
Europäischen Patentschrift Nr. 0980522
Patentanmeldung Nr. 98920648.7
Patentinhaber: Lubrigard Limited

BESCHREIBUNG

[0001] Diese Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur elektrischen Messung der Ölgüte, die für Dieselöl oder Hydraulik-, Getriebe-, Transformatoren- oder Motorenöl und vorzugsweise Schmieröl geeignet ist; und insbesondere ein Verfahren und eine Vorrichtung für den Einsatz in einem Motor, einer Maschine oder einem Filter.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] Seit vielen Jahren ist bekannt, daß sich die komplexe Dielektrizitätskonstante (oder Dielektrizitätskonstante) eines Motorenschmieröls mit dem Gebrauch ändert, das heißt sowohl der Realteil, als auch der Imaginärteil ändern sich als Reaktion auf die Veränderungen der gelösten und suspendierten Bestandteile des Öls. Derartige Bestandteile sind zum Beispiel Rußpartikel, Wasser, saure Verbrennungsprodukte, Glykole und eisenhaltige und nicht eisenhaltige Metallpartikel. Außerdem enthalten Öle oft Additive, wie Viskositätsverbesserer und Antioxidationsmittel, welche mit andauerndem Motoreinsatz zur Zersetzung neigen, besonders in Anwesenheit von Wasser und Metallpartikeln, welche ebenfalls den Prozeß der Oxidation und des allgemeinen Abbaus beschleunigen.

[0003] Es ist ebenfalls bekannt, daß die Zuverlässigkeit und Langlebigkeit eines Motors entscheidend von der Güte seines Schmieröls abhängt und daß eine Vorrichtung, die konstruiert

ist, um einen Punkt zu ermitteln, an dem die Güte als nicht akzeptabel angesehen wird, wünschenswert wäre. Insbesondere bei Verwendung zusammen mit einem sekundären Umgehungsfilter, das zum Entfernen partikulären Materials bis auf 1 Mikron ausgelegt ist, wäre solch ein Gerät nützlich. Da solch ein Filter angenommen 1 % der Fördermenge von der Ölpumpe durchlassen kann, ist der Differenzdruck zwischen dem Eingang und dem Ausgang des Filters sehr gering, wodurch er sich schwer messen läßt. Folglich ist es ebenfalls schwierig herauszufinden, ob das Filterelement verstopft wird. Wenn dies jedoch passieren sollte, würde die Wirkung des Umgehungsfilters beim Entfernen von Debris verlorengehen und die Konzentration von Schmutzstoffen würde schnell ansteigen. Solch ein Anstieg oder Änderungsgeschwindigkeit könnte von einem Kontrollgerät der Ölgüte erkannt werden, wodurch das Auswechseln des Filters oder des Filterelements ermöglicht wird. Wenn das Kontrollgerät der Ölgüte eine schlechte Güte anzeigen würde, kann anschließend eine Probe aus der Maschine oder dem Motor entnommen werden und an ein entsprechendes Laboratorium oder Einrichtung zur modernen spektrographischen oder chemischen Analyse gesandt werden, welche dann Aufschluß über die Anwesenheit von überschüssigem Ruß, Wasser, Glykol, Oxidationsprodukten oder Metallpartikeln geben kann.

[0004] Der Abbau der meisten Öle, wie infolge von Oxidation oder elektrischen Durchschlags, führt ebenfalls zur Entstehung von Produkten, deren Moleküle im Allgemeinen polarer als das Öl sind, aus dem sie entstanden. Das Grundöl enthält oft große Kohlenwasserstoffmoleküle, die im Allgemeinen nur schwach polar sind, so daß die Anwesenheit der meisten Schmutzstoffe zu einer Zunahme eines oder beider Teile der komplexen Dielektrizitätskonstante des Öls führen wird. Ein Kontrollgerät der Ölgüte, welches die Dielektrizitätskonstante mißt, ist daher zum Messen der Änderungen in zum Beispiel Transformatorenöl oder Öl in Getrieben und Transmissionen geeignet, das hohen

Temperaturen und Schüttelbewegungen, die zur Oxidation beitragen, ausgesetzt sein kann.

[0005] Transmissionseinheiten und andere Hydrauliksysteme, wie Rammen, können als eine Folge des Arbeitens in nasser oder feuchter Umgebung ebenfalls mit Wasser verschmutzt werden. Wasser führt zu einer Zunahme beider Teile der komplexen Dielektrizitätskonstante des Öls und kann daher durch die Vorrichtung gemäß der Erfindung erkannt werden.

[0006] Die moderne Ölanalyse, wie sie von einem akkreditierten Laboratorium durchgeführt wird, unterzieht die Ölproben einer Serie von Tests, von denen einer oft eine grundlegende Messung der dielektrischen Eigenschaften ist, der oft manuell durchgeführt wird. Ein Kontrollgerät der Ölgüte gemäß der Erfindung kann in einer automatischen Produktionslinie eingebaut werden. Die Erfindung kann so angepaßt werden, daß ein Meßkopf an dem Ende eines schmalen flexiblen Stabs vorgesehen wird, der zum Einführen in die Ölmeßöffnung eines Motors oder einer Maschine geeignet ist, um die Messung der Ölgüte am Einsatzort eines Motors oder einer Maschine zu erlauben, die sonst mit keinem Gerät zum Messen der Ölgüte ausgerüstet ist.

BESCHREIBUNG DES STANDES DER TECHNIK

[0007] In der US-Patentschrift 182255 beschreiben Hopkins et al. ein Gerät, in dem eine Brückenschaltung verwendet wird, um die Wechselstromimpedanz eines Brückenzeiges zu messen, der ein kapazitives Element enthält, dessen Kapazität sich mit der dielektrischen Festigkeit (ebenso) eines Tropfens des Schmieröls ändert. Dieses Gerät erfordert die physikalische Entnahme einer Ölprobe aus dem Fahrzeug und macht keinen Unterschied darin, ob der gemessene Parameter der Realteil oder der Imaginärteil der Dielektrizitätskonstante ist. Es läßt sich darstellen, daß die Kapazität eines Kondensators, der ein Dielektrikum enthält, in

erster Linie vom Realteil und in zweiter Linie vom Imaginärteil abhängt, so daß, selbst wenn sich der Realteil nicht ändert, sich der Betrag oder der Wert der Dielektrizitätskonstante niemals ändern wird, wenn sich das dielektrische Verlustverhältnis des Dielektrikums ändert, so wie es durch die Anwesenheit von Kohlenstoffpartikeln vorkommen kann. Es ist dieser Wert, auf den gewöhnlich frei als "Dielektrizitätskonstante" verwiesen wird. In einer anderen Patentschrift, der US-Patentschrift 4,064,455, beschreiben Hopkins et al. die Verwendung einer identischen Brückenschaltung, aber dieses Mal zusammen mit Datenspeicherung und Berechnungsmitteln.

[0008] In der Patentschrift EP 0 291 363 beschreiben Warenghem et al. einen Parallelplattenkondensator, dessen Kapazität sich mit der Konzentration der Kohlenstoffpartikel ändert. In dieser Patentschrift ist die Kapazität nicht als komplex definiert und ist auf den Betrag oder den Wert bezogen. Es ist kein Hinweis auf die Mittel vorhanden, mit denen die Kapazität tatsächlich gemessen wird.

[0009] In der US-Patentschrift 4,733,556 beschreiben Metzler et al. einen kapazitiven Parallelplattensensor, der zum Anbringen zwischen dem Motorblock und dem Filter ausgelegt ist, wo Änderungen des Wertes der Kapazität verwendet werden, um Änderungen der Frequenz eines zugeordneten Oszillators zu erzeugen. Es ist diese Änderung der Frequenz, die gemessen und anschließend nicht mit dem Rußgehalt des Öls, sondern mit seiner Viskosität verglichen wird. Obwohl bekannt ist, daß sich die komplexe Dielektrizitätskonstante polarer Flüssigkeiten mit der Viskosität ändert, ist ebenfalls bekannt, daß die Viskosität dazu neigt, sich mit steigender Rußkonzentration zu erhöhen. Diese Zunahme der Viskosität ist ein makroskopischer Effekt in dem Sinne, daß ein Rußpartikel viele Größenordnungen größer als ein Molekül ist und man der Ansicht ist, daß die Messung der

dielektrischen Konstante kein zuverlässiger Indikator der Viskosität in rußigen Ölen ist.

[0010] In der US-Patentschrift 4,345,202 beschreiben Nagy et al. die Verwendung von Mikrowellen im Bereich von 8 bis 12 GHz, um den Rußgehalt in Motorenöl zu messen, womit Nullen in den stehenden Wellen in einer koaxialen Übertragungsleitung mit Hilfe mehrerer Detektoren ermittelt werden, die entlang der Übertragungsleitung angeordnet sind, welche selbst in die Motorölwanne eingetaucht wird.

[0011] In der US-Patentschrift 5,134,381 beschreiben Schmitz et al. die Verwendung eines konzentrischen Kapazitätssensors, entlang dessen Achse ein Kraftstoff-Alkohol-Gemisch durchströmt. Die Messung der Kapazität des Sensors liefert dann die Mittel, womit der Alkoholgehalt des Kraftstoffes bestimmt werden kann, vorausgesetzt, der Wassergehalt ist a priori ebenfalls bekannt. Es stellt sich heraus, daß der kapazitive Sensor von einem externen Oszillator mit der Absicht angeregt wird, die Impedanz des Sensors und möglicherweise ebenfalls eine zugeordnete Phasenverschiebung zu messen.

[0012] Viele andere bekannte Geräte betreffen die Messung der relativen Dielektrizitätskonstante von Fluiden oder fluidähnlichen Materialien, andere als Motorenöl, von denen viele ausgesprochen mehrphasig sind. Zum Beispiel ist in der US-Patentschrift 2,121,920 ein Mittel zum Messen des Masse- und des Feuchtegehalts von Tabak beschrieben, in dem eine kapazitive Prü fzelle mit Parallelplatte in Reihe mit einer Induktivität angeordnet wird. Die resultierende RLC-Schaltung wird durch ihr manuelles Wobbeln mit einem Oszillator und durch Messen des Wertes und der Frequenz der Reaktion auf Resonanz geprüft.

[0013] In der US-Patentschrift 5,272,444 beschreibt Cox ein Verfahren zum Messen des Wassergehalts und der Salzhaltigkeit

(Wassertrennung) eines Erdölstroms über die Messung der Temperatur, des spezifischen Widerstands und der Dielektrizitätskonstante, nennt aber keine Details zu der mechanischen Anordnung des Sensors. Es ist jedoch klar, daß der Sensor von einem Oszillator angeregt wird, der bei einer von zwei Festfrequenzen, nämlich 15 MHz und 30 MHz, arbeitet.

[0014] In der US-Patentschrift 4,932,243 beschreiben Suh et al. ein direktes Mittel zum Messen des Feuchtegehalts eines Materials, zum Beispiel von Polymerpellets, unter Verwendung eines kapazitiven Sensors, der aus drei leitenden konzentrischen Zylindern besteht, durch welche das Material axial hindurchgeht. Die Kapazität und der dielektrische Verlust werden unter Verwendung "gut bekannter Verfahren" bestimmt, die nicht ausführlich beschrieben sind.

[0015] In der US-Patentschrift 4,288,741 beschreiben Dechene et al. ein Verfahren zum Messen sowohl der Verschiebung, als auch der Leistungsströme in einem zweiphasigen Fluid, von dem eine Phase als leitend angenommen wird, um die relativen Anteile der Phase zu bestimmen. Dies wird durch Ansteuerung eines kapazitiven Sensors über einen Oszillator fester Frequenz mit der Absicht erreicht, den relativ großen Leitungsstrom von dem relativ kleinen kapazitiven Strom aufgrund der Wechselstromanregungsspannung zu trennen.

[0016] In der US-Patentschrift 4,181,881 beschreibt Prelkschat eine Vorrichtung, die ebenfalls zum Messen der sogenannten Dielektrizitätskonstante und der Leitfähigkeit verschiedener Materialien bestimmt ist. Dies scheint ein Serienprüfungsverfahren zu sein und präzise Details des kapazitiven Sensors, außer als ihn als einen geerdeten rechteckigen Kasten mit einer aktiven Mittelelektrode zu beschreiben, werden nicht bereitgestellt. Der kapazitive Sensor

wird mit Hilfe eines stabilen Kristalloszillators angeregt, wobei die Brückenschaltung ausgelegt ist, um die Phase und die Amplitude der Spannung am Sensor zu messen.

[0017] In der US-Patentschrift 3,979,581 beschreibt Reulend ein Verfahren zum Messen der Masse von Tabak durch Anregen eines kapazitiven Sensors mit einem Signal von einem gewobbelten externen Oszillator. In dieser Anordnung mißt ein Diskriminator die Frequenz, während ein Demodulator und ein Differenzierglied die Frequenz und die Amplitude ermitteln, bei welcher die Amplitudenresonanz eintritt. Präzise Details des kapazitiven Sensors werden nicht bereitgestellt, aber es scheint ein Parallelplattenkondensator unbestimmter Größe zu sein, möglicherweise der gleichen Größenordnung wie eine Zigarette.

[0018] In der GB-Patentschrift 2,249,636 beschreibt McBreathy einen zwischengeschalteten dielektrischen Sensor unter Verwendung einer Form von ineinandergreifendem Kondensator, um die Dielektrizitätskonstante und den Verlustfaktor von schmelzflüssigen Polymeren zu messen. Dies wird durch Anregen des Sensors mit einem Sinuswellengenerator erreicht. In der Patentschrift wird dargelegt, daß ein Strom-Spannungs-Umsetzer und ein Lock-in-Verstärker verwendet werden, um die Amplitude und die Phase des resultierenden Wechselstroms zu messen.

[0019] Die Patentschrift WO96/28742 beschreibt eine Vorrichtung, die insbesondere für die Online-Überwachung von Motorenschmierölen in Dieselmotoren bestimmt ist, und erörtert die Notwendigkeit oder Erwünschtheit der Durchführung der kontinuierlichen Überwachung des Öls. In dieser Vorrichtung besteht das Grundprinzip im Messen der Dielektrizitätskonstante des Öls, um aber die größte Menge an Informationen aus der Probe herauszuholen, verwendet die Vorrichtung eine Anordnung von Elektromagneten, um die eisenhaltigen Partikel in der Nähe eines flachen ineinandergreifenden kapazitiven Sensors zu

konzentrieren. Obgleich der ineinandergreifende Sensor eine interessante und nützliche Anordnung ist, bezieht sich die angegebene Formel, die die Kapazität mit den Abmessungen des Kondensators in Zusammenhang bringt, auf eine Parallelplattenanordnung, und scheint in diesem Kontext ungenau zu sein. Der Kondensator bildet den Teil einer Oszillatorschaltung, deren Frequenz sich mit der Dielektrizitätskonstante des Öls ändert. Da in dem Blockschaltbild oder im Text keine Induktionsspule vorhanden ist, wird davon ausgegangen, daß die Schaltung als ein Ergebnis parasitärer Induktivitäten oder der Selbstinduktivität des kapazitiven Sensors eigenresonant ist. Die Erfinder stellen fest, daß "das Sensorelement von einer Oszillatorschaltung ... unter Verwendung eines monostabilen Multivibrators aufgeladen wird, um ein Ausgangssignal bei einer Frequenz zu erzeugen, die der Kapazität des Sensorelements entspricht." Dies kann so verstanden werden, daß die Oszillatorfrequenz direkt von der Sensorkapazität bestimmt wird oder daß die Frequenz des Oszillators abgeglichen wird, bis sie mit der Eigenresonanzfrequenz des Sensors übereinstimmt. Auf jeden Fall ist der zu messende Wert die Frequenz, so daß der Wert der Dielektrizitätskonstante (manchmal bezeichnet als "dielektrische Konstante") der tatsächlich gemessene Parameter ist.

[0020] Es ist bekannt, daß mit einigen Geräten versucht wurde, die Ölgüte mit der Dielektrizitätskonstante durch Messen der Kapazität eines Kondensators mit dem Öl als ein Dielektrikum in Wechselbeziehung zu bringen. Dies wurde durch Messen entweder der Änderung der Wechselstromimpedanz oder durch Messen der Änderung der Frequenz beim Anschließen an eine LC-Resonanzschaltung erreicht. In diesen Fällen ist jedoch das, was tatsächlich gemessen wird, der Wert der Kapazität, der sich geringfügig mit dem dielektrischen Verlustverhältnis $\tan \delta$ des Dielektrikums ändert, sich aber auch mit der Dielektrizitätskonstante ändert. Solche Geräte weisen demzufolge die Nachteile auf, daß sie

gegenüber der Ölsorte empfindlich sind, und nur in zweiter Linie, was den Verlustterm $\tan\delta$ betrifft, empfindlich sind.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0021] Die vorliegende Erfindung stellt eine Vorrichtung zum Messen der Ölgüte auf der Basis der Dielektrizitätskonstante des Öls bereit, die einen kapazitiven Sensor für den Kontakt mit dem Öl und eine Oszillatorschaltung, einschließlich des Sensors, umfaßt, die dadurch gekennzeichnet ist, daß die Oszillatorschaltung einen LC- oder Kristalloszillator umfaßt und ein Ausgangssignal liefert, dessen Amplitude vom dielektrischen Verlustverhältnis $\tan\delta$ des Öls abhängt, und Meßmittel, die auf die Amplitude des Ausgangssignals als ein Maß der Ölgüte reagieren, umfaßt.

[0022] Insbesondere die Amplitude kann reziprok proportional zu dem Wert des $\tan\delta$ sein. Der $\tan\delta$ ist das Verhältnis ϵ''/ϵ' , wo ϵ'' der Imaginärteil der komplexen relativen Dielektrizitätskonstante und ϵ' der Realteil ist. Das Öl kann Dieselkraftstoff oder ein anderes leichtes Mineralöl sein. Das Öl ist vorzugsweise Schmieröl.

[0023] Demzufolge ändert sich der Ausgang des Oszillators als Reaktion auf die Änderungen des dielektrischen Verlustverhältnisses des dielektrischen Mediums (des Öls), die ihrerseits hauptsächlich durch die Änderungen des Rußgehalts des Öls, der Azidität und der polaren Oxidationsprodukte bestimmt werden. Es ist diese Änderung der Amplitude des Oszillatorausgangs, welche ein Maß der Ölgüte liefert.

[0024] Die vorliegende Erfindung ist auf Dieselkraftstoffe und Öl in Motoren oder Öl in Flüssigkeitsgetrieben anwendbar, wo Schmutzstoffe durch elektrischen Durchschlag oder Eindringen von Feuchtigkeit in das Öl eingetragen werden können.

[0025] Die vorliegende Erfindung betrifft ebenfalls einen Motor oder eine Maschine, einschließlich der elektrischen Meßvorrichtung. Insbesondere kann der Sensor an dem Ölversorgungs kanal oder der Ölwanne des Motor oder Maschine angebracht sein. Alternativ kann der Sensor an einem Ölfilter angebracht sein, wie an einem Ölumgehungsfilter, der am Motor befestigt ist.

[0026] Die vorliegende Erfindung betrifft ebenfalls ein Ölumgehungsfilter zum Anbringen an einem Motor, wobei das Ölumgehungsfilter die elektrische Meßvorrichtung umfaßt.

[0027] Die vorliegende Erfindung betrifft ebenfalls ein Verfahren der Messung der Ölgüte auf der Basis der Dielektrizitätskonstante des Öls unter Verwendung einer Oszillatorschaltung, einschließlich eines kapazitiven Sensors, das dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor ein LC- oder Kristalloszillator ist, der ein Ausgangssignal liefert, dessen Amplitude von dem dielektrischen Verlustverhältnis $\tan\delta$ des Öls abhängt und verwendet wird, um ein Maß der Ölgüte zu liefern.

[0028] Der Sensor ist vorzugsweise in einem Sensorkopf eingebaut, der im Allgemeinen konzentrisch oder radial symmetrisch ist. Er ist vorzugsweise perforiert oder geschlitzt, um den ungehinderten Durchgang des Öls über die elektrisch aktiven Oberflächen des Sensors hinweg zu erlauben. In der Regel beträgt der Durchmesser des Sensorkopfes ungefähr 10 mm, ist dabei klein genug, um in eine Bohrung zu passen, wie in einem Motor für einen Öldruckschalter bereitgestellt sein kann, zum Beispiel eine Bohrung 1/8" NPT (National Pipe Thread) oder 1/4" BSP (British Standard Pipe). Die zugeordnete Oszillatorelektronik ist in dem Zwischenraum hinter dem Sensorkopf angeordnet, der die Form einer hohlen Sechskantmutter, Schlüsselweite ca. 30 mm und Dicke 20 mm, aufweisen kann. Da die elektronische Schaltung

bei ungefähr der gleichen Temperatur wie das Öl ist, besteht sie aus Komponenten, die bei erhöhten Temperaturen arbeiten werden, zum Beispiel bis zu 150 °C, und die optional ebenfalls die Kompensation bereitstellen werden, um temperaturabhängige Änderungen in dem dielektrischen Medium zu erlauben.

[0029] Es ist bekannt, daß Temperaturänderungen elektronische Bauelemente wie Transistoren, Induktionsspulen und Kondensatoren beeinflussen, so daß unabhängig von dem Öldielektrikum der Ausgang der Schaltung eine Funktion der Temperatur ist. Die dielektrischen Eigenschaften des Öls selbst werden ebenfalls von der Temperatur beeinflusst. Der am meisten sichtbare Effekt ist die Änderung der Dichte, welche effektiv linear über den in Frage kommenden Bereich ist, das heißt von ungefähr 30 °C bis 150 °C. Daraus ergibt sich, daß die Konzentration der Schmutzstoffe, die reziprok proportional zum Volumen ist, mit steigender Temperatur abnehmen wird. Gleichzeitig wird sich jedoch die Viskosität des Öls mit der Temperatur verringern, indem größere Bewegungsfreiheit für die enthaltenen Moleküle erlaubt wird, und es kann theoretisch dargestellt werden, daß je größer das durchschnittliche Dipolmoment der Flüssigkeit ist, um so größer seine Abhängigkeit von der Temperatur sein wird. Um in einem großen Temperaturbereich genau arbeiten zu können, ist eine bestimmte Form der Kompensation notwendig. In der Elektronik ist ein kleiner Sensor eingebaut, dessen Ausgang nach geeigneter Pufferung aus dem Sensorkopf heraus auf eine Anzeigeeinheit geführt wird.

[0030] Die Anzeigeeinheit enthält einen Mikroprozessor, der als Eingang die Ausgangsspannung vom Oszillator und den Ausgang vom Temperatursensor akzeptiert. Mit Hilfe einer geeigneten Nachschlagetabelle oder -algorithmus erlaubt dies die entsprechenden Einstellungen, die durchzuführen sind, um die endgültige Anzeige wiederzugeben, die von der Temperatur im Bereich von angenommen 30 °C bis 150 °C unabhängig ist.

[0031] Im Allgemeinen ist die Kurve, die den Oszillatorausgang in Abhängigkeit von der Temperatur darstellt, eine Normalfunktion der Dielektrizitätskonstante und der Temperatur, so daß die vollständige Kompensation eine zweidimensionale Nachschlagetabelle oder -algorithmus erfordert. In der Praxis hat sich jedoch herausgestellt, daß mit der richtigen Auswahl der Arbeitsfrequenz der Anstieg der Kurve nur schwach von der Konzentration der Schmutzstoffe abhängig ist, wodurch die Verwendung einer einfacheren Meßwerttabelle erlaubt wird. Fig. 9 zeigt mehrere typische Kurven, wo die Änderung des Oszillatorausgangs in Abhängigkeit von der Temperatur dargestellt ist. Die obere Kurve entspricht sauberem Motorenöl, während die unteren Kurven fortschreitend mehr verschmutztem Motorenöl entsprechen.

[0032] Öle sind im Allgemeinen ein komplexes Gemisch von Kohlenwasserstoffen und Markenadditiven, so daß sich die Ausgabe des Oszillators je nach der genauen Formulierung etwas unterscheidet. Obgleich sich in der Praxis herausgestellt hat, daß sich die Ausgabe um nur ein paar Prozent innerhalb einer Standardabweichung über einem weiten Bereich verschiedener Öle von unterschiedlichen Herstellern (wie in Fig. 10 gezeigt) unterscheidet, sind Kalibrierungsmittel enthalten, um sogar diese kleine Fehlerquelle zu eliminieren. Wenn das Fahrzeug oder die Maschine gewartet oder mit Frischöl gefüllt wird, kann der Mikroprozessor eine Eingabe von einem versenkt eingebauten Schalter oder codierten Transmitter annehmen, wenn die korrekte Betriebstemperatur erreicht wurde, so daß der Einzelwert im Speicher gehalten wird und folglich zur Basislinie wird, mit der alle nachfolgenden Meßwerte verglichen werden.

[0033] In dem Fall der Abschaltung der Hauptstromversorgung, wie dem Entfernen der Batterie des Fahrzeugs oder der Maschine, wird der Speicherinhalt in zum Beispiel einem EEPROM



(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) gesichert. Der gleiche EEPROM kann ebenfalls mehrere Hundert Sätze von Meßwerten speichern, die während der Lebensdauer des Öls, in der Regel 300 bis 600 Stunden, abgetastet wurden. Die Daten können dann in einen Computer für die nachfolgende Prüfung und Analyse heruntergeladen werden oder sie können zweckentsprechend codiert und an einen entfernten Standort zum Beispiel per Funk übertragen werden. Zusätzlich zu dem gemessenen Wert der Güte des Öls ist die Änderungsgeschwindigkeit des Ausgangssignals des Gerätes ein wichtiger Indikator der Funktionstüchtigkeit des Motors. Wenn sich die Richtungskonstante des Ausgangssignals in Abhängigkeit von der Zeit unerwartet erhöhen sollte, würde dies auf eine plötzliche Zunahme der Schmutzstoffe hinweisen, die die unverzügliche korrigierende Wartung erfordert, bevor ein Schaden entstehen würde. Um die Zuverlässigkeit der Daten zu verbessern, nimmt der Mikroprozessor zum Beispiel 10 Messungen in kurzen Intervallen an, so daß der endgültige angezeigte oder gespeicherte Wert das arithmetische Mittel der gemessenen Werte ist.

[0034] Der endgültige sichtbare Teil der Ausgabe des Mikroprozessors kann die Form eines Warnlichts oder Summers annehmen oder für Test- und Diagnosezwecke die Form einer alphanumerischen Anzeige annehmen.

[0035] In dem bevorzugten Sensor ist das Gehäuse des Sensors auf Massepotential, während ein vollständiger Kraftfahrzeugsteckverbinder einen Anschlußstift für das Ausgangssignal, einen Anschlußstift für den Temperatúrausgang und einen weiteren Anschlußstift für die DC-Stromaufnahme, die 12 V oder 24 V sein kann, vorsieht.

[0036] In einer Ausführungsform wird die Vorrichtung zusammen mit einem zweiten Filter verwendet. Auf diese Weise können die Ölablaßintervalle mit sich ergebenden Kosteneinsparungen



verlängert werden und die Zuverlässigkeit des Motors erhöht sich durch die Verwendung von Öl mit konstant hoher Güte. Außerdem kann die Analyse des Öls einen Hinweis auf Störungen im Motor liefern, wodurch die frühzeitige Korrektur und die planmäßige Terminierung der vorbeugenden Wartung erlaubt wird, um kostspielige Ausfallzeit zu vermeiden.

[0037] Die bevorzugte Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist vorteilhafterweise von sehr niedrigem Preis, zum Beispiel vergleichbar mit dem eines preiswerten Kraftfahrzeugdrucksensor, und von kleiner Größe und erfordert eine geringfügige oder keine Abänderung des Motors oder der Maschine. Sie ist vorzugsweise zur ständigen Befestigung am Motor oder Sekundärfilter und zur Überwachung der Güte des Öls ununterbrochen während der gesamten Lebensdauer des Motors oder der Maschine bestimmt. Sie ist vorzugsweise unempfindlich gegen Änderungen der Temperatur innerhalb eines Bereichs von angenommen 30 °C bis 150 °C oder im Fall von Hydrauliköl von 20 °C bis 100 °C. Sie ist unempfindlich gegen Änderungen im Grundöltyp von einem Hersteller zum anderen. In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Vorrichtung direkt von der 12 V- oder 24 V-Stromversorgung des Motors oder der Maschine gespeist und stellt ein einzelnes Ausgangssignal bereit, das aus einer analogen Spannung besteht, die sich als Reaktion auf die Änderungen der elektrischen Eigenschaften des Öls ändert. Dieses Signal kann verwendet werden, um eine Instrumentenanzeige anzusteuern, die dem Operator den aktuellen Zustand des Öls anzeigt, und die eine optische oder akustische Warnung umfaßt, um einen Filterwechsel, einen Ölwechsel oder eine zur Analyse einzusendende Probe anzuzeigen.

[0038] In einer weiteren Ausführungsform kann das Ausgangssignal an den Bordcomputer des Kraftfahrzeuges übertragen werden, wo die Daten periodisch abgetastet und im



Speicher für die Echtzeitanalyse oder für das nachfolgende Herunterladen und die Prüfung gespeichert werden können.

[0039] In einer weiteren Ausführungsform umfaßt der Sensor einen Oszillator, der bei angenommen 200 bis 300 MHz arbeitet und auf einer ungefähr 8 mm breiten und 20 mm langen Leiterplatte befestigt ist. Diese kleine Größe wird durch die Verwendung von oberflächenmontierten Bauelementen erreicht. Der aktive Sensorkopf ist direkt an der Leiterplatte angebracht und von einer perforierten Metallabdeckung umgeben, die mechanischen Schutz, elektrische Abschirmung und eine Rücklaufstrecke für abgestrahlte elektromagnetische Energie bereitstellt. Ein kleines temperaturempfindliches Element, wie ein Thermistor, ist ebenfalls befestigt und sein Ausgang ist an einem flexiblen Hohlrohr entlang, wie der Außenseite eines Bowdenzuges, geführt. Der Oszillator wird mit Leistung von einer separaten geregelten Stromversorgung gespeist, die ebenfalls nach unten zum Hohlrohr zugeführt wird. Die sorgfältige Auswahl des Vorspannungspunktes des Oszillators wird sicherstellen, daß sich mit der Änderung der Oszillatorspannung mit dem $\tan\delta$ ebenfalls der Strom ändert, der dann jede Änderung des $\tan\delta$ aufgrund der Verschmutzung des Öls widerspiegelt. Die Temperaturkompensation wird in der bereits erwähnten Weise durch Messen des Ausgangssignals vom Temperatursensor und dann durch Anwenden einer Korrektur in der Anzeigeeinheit angewandt. In einer weiteren Ausführungsform wird das Ausgangssignal vom Temperatursensor digitalisiert und auf der Stromversorgungsleitung übertragen. Ein aktiver Sensor dieser Größe kann vorteilhafterweise zur Befestigung an dem Ende des Ölmeßstabes (normalerweise zur Kontrolle der Ölstände verwendet) eines Fahrzeuges verwendet werden oder er kann den Teil eines separaten Instrumentes zur Verwendung durch Reparaturwerkstätten und Prüfstationen bilden, um eine schnelle Nachprüfung der Ölgüte für stationäre Fahrzeuge oder Maschinen durchzuführen. Der Sensor kann zum Messen der Ölgüte in einem Motor, einer hydraulischen Maschine, einem Getriebe oder jeder



anderen Vorrichtung verwendet werden, die nicht polare Mineralöle verwendet.

[0040] Eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun beispielhaft und mit Bezug auf die zugehörigen Zeichnungen beschrieben, in denen:

Fig. 1 (a) den Stromlaufplan eines Sensorkopfes gemäß der Erfindung zeigt,

Fig. 1 (b) den Sensorkopf von Fig. 1 (a) zeigt, der an den Meß- und Anzeigemitteln angeschlossen ist,

Fig. 2 eine Querschnittsansicht des Sensorkopfes von Fig. 1 (b) zeigt,

Fig. 3 den Sensorkopf gemäß einer zweiten Ausführungsform zeigt, wo der äußere Zylinder durch eine Anordnung von leitenden Anschlußstiften ersetzt ist,

Fig. 4 (a) den Sensor zeigt, der an einem Motorblock angebracht ist,

Fig. 4 (b) den Sensor zeigt, der alternativ an einer Motorölwanne angebracht ist,

Fig. 5 den Sensor zeigt, der an einem sekundären Umgehungsfilter eines Motors angebracht ist,

Fig. 6 ein Schaubild zeigt, das die Geräteausgabe in Abhängigkeit von der Rußkonzentration für verschiedene Öle von Motoren unterschiedlichen Typs darstellt,



Fig. 7 ein Schaubild zeigt, das die Änderung der Ausgabe in Abhängigkeit von der Fahrleistung für einen typischen Kleinwagen mit Benzinmotor darstellt,

Fig. 8 ein Schaubild ähnlich wie Fig. 7 für ein großes Nutzfahrzeug mit Dieselmotor zeigt,

Fig. 9 mehrere Kurven des Sensorausgangs in Abhängigkeit von der Temperatur für Motorenöle mit unterschiedlichen Verschmutzungsgraden zeigt,

Fig. 10 die Änderung des Sensorausgangs für verschiedene Marken von Motorenöl zeigt, und

Fig. 11 eine typische Darstellung des Real- und des Imaginärteils der Dielektrizitätskonstante für alle Frequenzen zeigt.

PHYSIKALISCHE GRUNDLAGE DER ERFINDUNG

[0041] Mineralisches Schmieröl ist ein im Wesentlichen nicht polares flüssiges Dielektrikum mit sehr hohem spezifischem Widerstand, das heißt der Durchgang von Gleichstromleitungsstrom durch das Öl ist vernachlässigbar, sogar bei Belastung mit leitenden Partikeln wie Ruß. Es kann durch seine Dielektrizitätskonstante charakterisiert werden, welche im Allgemeinen komplex ist, aus einem Real- und einem Imaginärteil besteht, das heißt

$$\epsilon = \epsilon' - j\epsilon''$$

oder gleichwertig

$$\epsilon = \epsilon' (1 - j\tan\delta)$$



mit $j = \sqrt{-1}$ und $\tan \delta = \epsilon''/\epsilon'$. Der Phasenwinkel δ ist ein Maß des dielektrischen Verlustverhältnisses oder des Verlustfaktors des Dielektrikums und wird die maximale Amplitude bestimmen, die von einem abgestimmten Kreis erreichbar ist, von dem sie einen Teil bildet.

[0042] In jedem Kondensator ist die Kapazität immer proportional zu ϵ , so daß die Kapazität im Allgemeinen komplex ist und als

$$C = C_0 (1 - j \tan \delta)$$

geschrieben werden kann, wo C_0 der Wert der Kapazität mit einem sonst verlustfreien Dielektrikum ist. Es ist ersichtlich, daß der Betrag oder der Modul der Kapazität folglich

$$|C| = C_0 \sqrt{1 + \tan^2 \delta}$$

ist.

[0043] Wenn das Fühlerelement ein einfacher Kondensator ist, so wie beschrieben, so ist der Zweck eines verlustbehafteten Dielektrikums intuitiv klar und die mathematische Analyse ist unkompliziert. Das Fühlerelement kann ebenfalls die Form einer kurzen Antenne annehmen, die in das verlustbehaftete dielektrische Medium abstrahlt, wo die Charakteristika des Mediums die Belastung an der Antenne beeinflussen. In diesem Fall ist die Analyse, in der die Nahfeldkomponenten der Antenne von Bedeutung sind, komplizierter, aber die Wirkung auf den Oszillator ist die gleiche, das heißt die Spannung und der Strom werden sich mit den Änderungen des Wertes von $\tan \delta$ des Mediums ändern. Diese Änderungen können gemessen und als Änderungen der Güte des Öls interpretiert werden.



[0044] In einem ungebrauchten Schmieröl beträgt bei einer typischen Arbeitsfrequenz der $\tan\delta$ in der Regel ungefähr 0,01, steigt auf vielleicht 0,1 für eine stark verschmutzte Probe, während ϵ' in der Regel 2,25 bis 2,45 beträgt. Für kleine Konzentrationen des Rußes bis zu einigen Prozent ist der $\tan\delta$ annähernd proportional zur Rußkonzentration, während die entsprechende Änderung von ϵ' höchstens nur einige Prozent beträgt. Dies bedeutet, daß $\tan\delta$ der am besten geeignete Parameter zum Anzeigen der Ölgüte ist, der unempfindlich gegen Änderungen der Zusammensetzung von sauberen Ölen ist, und die größte Änderungsgeschwindigkeit während der Verwendung und der nachfolgenden Verunreinigung aufweist.

[0045] Abgesehen vom Ruß im Motorenöl wird ein weiterer wichtiger Verunreinigungsstoff durch Oxidationsprodukte dargestellt, die ebenfalls in Hydraulikölen vorhanden sein können. Die Oxidation tritt insbesondere auf, wenn das Öl heiß ist und wird durch die Anwesenheit von katalytischen Agenzien wie Kupfer, Eisen oder Wasser beschleunigt. Diese Produkte enthalten im Allgemeinen Alkohole, Aldehyde und Ketone, die weiter zu Säuren und Ester in unterschiedlichen Konzentrationen abgebaut werden.

[0046] Da diese Moleküle dazu neigen, starke Dipolmomente zu besitzen, wird das Öl zu einer mehr oder weniger verdünnten Lösung von polaren Materialien in einem nicht polaren Lösemittel. Jedem polaren Molekül ist eine spezielle Relaxationszeit oder Verteilung von Relaxationszeiten zugeordnet, welche selbst von der Temperatur abhängig sind. Mit steigender Temperatur verringert sich die Viskosität, erlaubt eine größere Dipolbeweglichkeit und folglich kürzere Relaxationszeiten.

[0047] Wenn ϵ'' in Abhängigkeit von ϵ' für alle Frequenzen dargestellt wird, das heißt von DC zu mehreren GHz, hat die



resultierende Kurve die allgemeine in Fig. 11 gezeigte Form. Ein empirisches Modell, das sich gewöhnlich für die Daten eignet, ist eine modifizierte Form der Cole-Davidson-Gleichung:

$$(\varepsilon - \varepsilon_{\infty}) / (\varepsilon_0 - \varepsilon_{\infty}) = (1 + (j\omega\tau)^{\alpha})^{-\beta}, \quad 0 < \alpha < 1,$$

wo sowohl α , als auch β positive reelle Zahlen sind und die Verteilungen der Relaxationszeiten τ der vielen vorhandenen Arten widerspiegeln. Wenn $\beta = 1$, so bildet die Kurve einen Bogen eines Kreises. Der Effekt von α besteht darin, den Mittelpunkt des Kreises unter die gedachte Achse abzusenken, während der Effekt von β darin besteht, die Kurve von einer im Allgemeinen kreisrunden Form zu verzerren. β ist gewöhnlich ziemlich nahe an 1. Die Überprüfung dieses Ausdrucks zeigt, daß beim Auswählen der Arbeitsfrequenz gewisse Sorgfalt erforderlich ist. Die Ableitung des obigen Ausdrucks zeigt, daß ein niedriger Wert der Frequenz ω eine schnelle Änderungsgeschwindigkeit von $\tan\delta$ mit der Frequenz verursachen wird, ihn übermäßig empfindlich gegen die Stabilität des Oszillators macht. Bei dem Maximalwert von $\tan\delta$ ist die Änderungsgeschwindigkeit von $\tan\delta$ mit der Frequenz Null, aber dies stimmt nur für ein spezielles Öl bei einer speziellen Temperatur, macht das Gerät für alle außer einem sehr eingeschränkten Bereich von Bedingungen nutzlos. Bei den höheren Frequenzen ist die Änderungsgeschwindigkeit kleiner, aber $\tan\delta$ ist es auch, so daß ein Kompromiß zwischen der Empfindlichkeit einerseits und der Genauigkeit über einem Bereich von Ölen, Temperaturen und Verunreinigungsstoffen andererseits notwendig ist. Die kleine Größe des Gerätes zwingt dazu, die Verwendung höherer Frequenzen vorzuschreiben, aber diese dürfen nicht so hoch sein, das die Verwendung unnötig teurer Komponenten und Konstruktionsverfahren erforderlich wird.

[0048] Es kann nachgewiesen werden, daß für kleine $\tan\delta$ die Frequenz annähernd durch

$$\omega = \omega_0 (1 - 1/4 \tan^2 \delta)$$

gegeben ist, so daß eine kleine Änderung von $\tan \delta$ eine entsprechende kleine Änderung von ω verursacht:

$$\Delta \omega = -1/2 \omega_0 \tan \delta \cdot \Delta(\tan \delta)$$

[0049] Die relative Änderung der Frequenz aufgrund einer Änderung des $\tan \delta$ ist daher durch

$$\Delta \omega / \omega = -1/2 \tan \delta \cdot \Delta(\tan \delta)$$

gegeben, woraus ersichtlich ist, daß ein kleiner Wert von $\tan \delta$ (welcher gewöhnlich der Fall ist) nur eine kleine Änderung der Frequenz hervorruft.

BESTIMMUNG VON $\tan \delta$

[0050] Der Begriff $\tan \delta$ wird auf jede von verschiedenen Weisen verstanden, von denen zum Beispiel eine die Messung der Potentialdifferenz über einem abgestimmten Kreis ist, wie in Fig. 1 gezeigt. Es ist gut bekannt, daß die Impedanz einer parallelen LC- oder RLC-Schaltung mit der Annäherung der Anregungsfrequenz an die Resonanzfrequenz zunimmt (für kleine $\tan \delta$ sind die Phasenresonanz und die Amplitudenresonanz beinahe die gleiche, wobei die erstere als der Punkt definiert wird, an dem die Reaktanz oder der Imaginärteil der Impedanz Null ist, während die letztere der Punkt ist, an dem die Amplitude ein Maximum aufweist) und daß das Potential oder die Spannung über der Schaltung in der gleichen Proportion zunimmt. Diese Scheinverstärkung wird häufig als "Q" der Schaltung bezeichnet, welcher im Allgemeinen in einer RLC-Schaltung das Verhältnis von Reaktanz zu Widerstand ist, welcher aber in dem Kontext eines verlustbehafteten Dielektrikums einfach $1/\tan \delta$ ist.

[0051] Wenn der Einfachheit halber angenommen wird, daß die Induktionsspule in einem abgestimmten Kreis keinen Widerstand zeigt, dann sind die Impedanzen der Induktionsspule und des Kondensators entsprechend

$$Z_L = j\omega L$$

$$1/Z_c = j\omega C_0 (1 - j \tan \delta),$$

wo ω die Winkelfrequenz des Stromes in dem Kreis ist. Es kann nachgewiesen werden, daß die Phasenresonanz eintritt, wenn die zwei Impedanzen gleich sind, das heißt, wenn

$$\omega_0^2 = 1/(LC_0)$$

[0052] Bei dieser Frequenz ist der Betrag der Impedanz durch

$$|Z| = \sqrt{L/C_0} \cdot 1/\tan\delta$$

gegeben und es ergibt sich, daß die Spannung über der Schaltung indirekt proportional zu $\tan \delta$ ist, wobei alle anderen Verluste ignoriert werden. Für kleine Änderungen von $\tan \delta$ kann nachgewiesen werden, daß die prozentuale Änderung der Spannung proportional zur prozentualen Änderung von $\tan \delta$ ist, das heißt

$$\Delta V/V = -\Delta(\tan\delta)/\tan\delta,$$

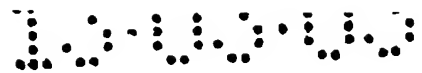
so daß wegen des negativen Vorzeichens in dem obigen Ausdruck eine Zunahme von $\tan\delta$ eine entsprechende Verringerung der Spannung V mit sich bringt. Es ist zu beachten, daß im Gegensatz zu der oben gegebenen entsprechenden Analyse für die Änderung der Frequenz mit $\tan\delta$ die relative Änderung der Spannung für kleine Werte von $\tan\delta$ groß ist. Dies liefert eine gute Rechtfertigung für die Auswahl der Amplitude (seltener der Frequenz) als die bevorzugte Meßgröße.



[0053] Vorausgesetzt, daß sich die Spannung über dem abgestimmten Kreis ändert, ergibt sich, daß sich der Strom in dem abgestimmten Kreis und zugeordneten Oszillator ebenfalls ändert. Da diese Änderung des Stromes eine Widerspiegelung der Änderung der Oszillatorspannung ist, kann sie dann vorteilhafterweise verwendet werden, um den $\tan \delta$ anzuzeigen und folglich, wie vorher, die Ölgüte. Diese Anordnung erlaubt die Verwendung von nur zwei Leitern vom Sensor, das heißt eines Leiters zur Stromversorgung (von welcher der Strom gemessen wird) und eines zweiten Leiters, um den Ausgang vom Temperatursensor bereitzustellen. Diese zwei Ausgänge können vorteilhafterweise geduplext werden, die Verwendung von nur einem Leiter, mit dem Sensorgehäuse, der die Masseverbindung bereitstellt, erlauben.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN SCHALTUNG

[0054] Unter Bezugnahme auf Fig. 1 (a) weist das Fühlerelement/Kondensator 1 des Sensorkopfes H eine Kapazität zwischen 1 pF und 50 pF auf und ist parallel an der Induktionsspule 2 (mit hohem Q) über einen kurzen Koaxialleiter 9 angeschlossen. Die Wechselstromspannung an der Induktionsspule 2 wird auf die Basis des Transistors 3 über den Reihen-/Kopplungskondensator 4 durchgelassen, der vorgesehen ist, um den Durchgang von Gleichstrom durch die Induktionsspule 2 zu sperren. Der Transistor 3 ist mit Rückkopplungselementen so versehen, daß die Schaltung zum Beispiel wie ein Colpitts-Oszillator aufgebaut ist. In diesem Fall erscheinen der Reihenkondensator 4 und die Rückkopplungskondensatoren 5 und 6 über dem Meßkondensator 1, um diesen Wert zu vergrößern, so daß die Resonanzfrequenz, die zwischen 10 MHz und 300 MHz sein kann, nicht nur durch den Meßkondensator, sondern auch in einem geringeren Umfang durch die Kondensatoren 4, 5 und 6 bestimmt wird. Die Werte der Vorspannungswiderstände 7 und 8 sind so



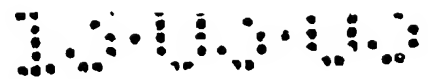
ausgewählt, um nur einen kleinen Effekt auf den Gesamt-"Q" der Schaltung zu haben. Der Ausgang vom Oszillator, der vom Emitter des Transistors 3 genommen werden kann, um einen Niedrigimpedanzausgang sicherzustellen, wird an eine Detektorschaltung 10 geführt, deren DC-Ausgang proportional zu der Amplitude des Signals an der Basis des Transistors ist, und wird gefiltert, um die Hochfrequenzkomponente zu entfernen. Das DC-Signal wird anschließend auf einen Verstärker 11 mit niedriger Ausgangsimpedanz geführt, welcher einen kleinen Verstärkungswert und, was wichtiger ist, die passende Pufferung zwischen dem Detektor und der Ausgangsleitung liefert.

[0055] In einer weiteren Ausführungsform (nicht gezeigt) ist der Ausgang vom Sensor einfach der Strom, der von der Oszillatorschaltung gezogen wird, und wird in den Anzeigemitteln gemessen, welche eine stabilisierte Konstantspannungsquelle enthalten. In einer verwandten Ausführungsform wird der Ausgang vom Temperatursensor auf die Stromversorgungsleitung geduplext.

[0056] Optional sind in den Rückkopplungsschleifen des Verstärkers temperaturempfindliche Elemente eingebaut, wie Dioden oder Thermistoren, die verwendet werden, um einen mehr oder weniger konstantes Ausgangssignal ungeachtet der Temperatur für eine gegebene Ölprobe aufrechtzuerhalten. In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Sensor einen Temperatursensor 12, dessen Ausgang direkt auf die Anzeigetafel geführt wird und in solch einer Weise gelesen und interpretiert wird, um die Temperaturkompensation mit Hilfe von Software anzuwenden. Wie in Fig. 1a gezeigt, wird die angelegte Spannung +V für die Schaltung von einem Spannungsregler 13 abgegriffen, der ebenfalls ein temperaturabhängiges Element enthalten kann. Der Leistungseingang zu dem Gerät, der 12 V oder 24 V sein kann, ist durch Überspannungsableiter gegen Spannungsspitzen von bis zu 120 V geschützt, die angemessenerweise an einer Kraftfahrzeugspannungsversorgung erwartet werden können. Sowohl

[0057] Fig. 1b zeigt den Sensorkopf H, der an einen Mikroprozessor 15 und eine Anzeigetafel 16 angeschlossen ist, wo der Eingang zu dem Mikroprozessor aus einer Spannung TEMP, die von der Temperatur abhängig ist, und aus der Ausgangsspannung OUT vom Sensor besteht. Der Mikroprozessor umfaßt einen Speicher 17 und Mittel für die Speicherung der Daten und der Kalibrierungswerte und ebenfalls eine Nachschlagetabelle für die Temperaturkompensation.

[0058] Der Sensor, der in Fig. 2 im Querschnitt gezeigt ist, hat die Form eines Koaxialkondensators, typischerweise 10 mm im Durchmesser, und ist großzügig mit Perforierungen oder Schlitten 30 im äußeren Zylinder 33 perforiert, um den freien Durchgang von Öl in dem ringförmigen Raum zwischen den Zylindern 22, 33 zu erlauben. In einer alternativen Ausführungsform (nicht gezeigt) kann der innere Zylinder 22 ebenfalls Perforierungen aufweisen. Der Fluß des Öls ist mindestens annähernd unter rechten Winkeln zur Achse des Sensors. Der äußere Zylinder 33, der Teil des Metallgehäuses 20 des Sensors H ist, ist bei Erdungspotential, und die Größe des ringförmigen Spalts zu dem inneren Zylinder 22 ist so gewählt, daß die Kapazität, einschließlich der Randeffekte, annähernd 1 pF bis 50 pF beträgt. Der innere Zylinder 22 erstreckt sich als eine dünne Welle oder Schraube 24 nach hinten in das Gehäuse 20 des Sensors H, wo er mit der Leiterplatte 23 elektrisch verbunden ist. Der Raum zwischen der Leiterplatte 23 und dem Meßkopf ist so ausgelegt, um das Eintreten von Öl aus dem Motor in das Leiterplattenfach zu



verhindern und enthält elastomere Kompressionsdichtungen oder "O"-Ringe 31 und/oder eine Buchse 25 aus isolierendem Material, wie PTFE (Polytetrafluorethylen) oder PEEK (Polyetheretherketon). Äußere elektrische Anschlüsse sind zum Beispiel durch Gabelsteckverbinder oder angegossene Kraftfahrzeugsteckverbinder 26 hergestellt.

[0059] Die Leiterplatte 23 ist mit Befestigungsschrauben 32 befestigt. Der äußere Zylinder 33 ist mit einem perforierten Schutzschirm oder -gaze versehen. In einer alternativen Ausführungsform ist keine Schutzgaze vorgesehen.

[0060] Da die Wellenlänge bei der Arbeitsfrequenz im Allgemeinen größer als die Abmessungen des Sensors ist, hat sich herausgestellt, daß der Effekt der Perforierungen oder Schlitze gering ist, so daß eine hohe Hohlraumziffer möglich ist.

[0061] In dem ringförmigen Bereich eines konzentrischen Kondensators ist das elektrische Feld im Wesentlichen gleichförmig und auf das Volumen zwischen den Elektroden begrenzt. Jede Änderung des dielektrischen Mediums wird sich durch eine entsprechende Änderung der komplexen Kapazität widerspiegeln. Wenn der äußere geerdete Teil des Kondensators vollständig entfernt wird, strahlt das innere Element weiter in das dielektrische Medium ab und die Impedanz dieses Elements, das sich jetzt wie eine elektrisch kurze Antenne verhält, ist von seinen Abmessungen, der Arbeitsfrequenz und den elektrischen Charakteristika des Mediums abhängig. Daher ist es für das Fühlerelement nicht wesentlich, daß es die Form eines Kondensators hat, in dem das Feld vollständig enthalten ist, und es kann einfach die Form eines kurzen Stummels annehmen. Bei der Herstellung eines abgeleiteten Musters des Sensors zur Verwendung in einem Testlabor kann es für das Fühlerelement wünschenswert sein, daß es zur leichten Reinigung so weit wie möglich offen ist, aber die Forderung erfüllt, die abgestrahlte



Energie auf einem Minimum zu halten und zu erlauben, daß der Sensor unempfindlich gegen Änderungen der Geometrie und des Materials des Behälters, in den er eingetaucht wird, ist. Diese Forderung kann durch Vorsehen eines oder mehrerer geerdeter Stifte oder Elemente in der Nähe des aktiven oder lebenden Fühlerelementes erfüllt werden.

[0062] In einer zweiten Ausführungsform unterscheidet sich der Meßkopf dadurch, daß der äußere Zylinder durch eine Anordnung von vertikalen Anschlußstiften so ersetzt wird, daß das elektromagnetische Wechselfeld um den Mittelleiter herum mit den Anschlußstiften in Verbindung ist. Fig. 3 zeigt eine Ansicht dieses Sensors mit vier geerdeten Anschlußstiften 50 an Stelle des koaxialen äußeren Leiters. Es ist ersichtlich, daß der Mittelleiter 52 tatsächlich eine kurze Antenne ist, die in das dielektrische Medium abstrahlt. In einer dritten Ausführungsform unterscheidet sich der Meßkopf (nicht gezeigt) dadurch, daß es überhaupt keinen geerdeten äußeren Abschnitt gibt, wobei dieser durch den Motorblock selbst oder durch Ausrüstung (wie eine Ölwanne zum Beispiel) bereitgestellt wird, in die der Sensor eingeschraubt wird. In dieser dritten Ausführungsform würde die Leistung des Gerätes von der genauen Geometrie der Ausrüstung abhängen und die Arbeitsfrequenz wird hauptsächlich von den sekundären Kopplungs- und die Rückkopplungskondensatoren 4, 5 und 6 bestimmt.

[0063] In einer weiteren Ausführungsform ist ein perforierter Schirm oder Gaze aus Metall enthalten, um die elektromagnetische Abschirmung (und folglich die Unempfindlichkeit gegen die unmittelbare Umgebung des Sensors) und den Schutz vor mechanischer Beschädigung vorzusehen.

[0064] Das Fach 27, in dem die Elektronik enthalten ist, ist vorzugsweise zylindrisch, wird innerhalb eines vorzugsweise sechseckigen Stabes wie einer Sechskantmutter gebildet, um die



mühevolle Befestigung am Motor oder der Maschine zu erlauben. Sie kann in der Regel eine Schlüsselweite von 30 mm und eine Dicke von 18 mm haben und kann zum Beispiel aus Messing hergestellt sein. Als ein Schutz gegen das Eindringen von Staub und Feuchtigkeit und als ein Schutz gegen Stoß und Vibration kann das Fach 27 mit einer geeigneten Vergußmasse wie Silikonharz oder Epoxidharz gefüllt sein. Als zusätzlicher Schutz und um die Abschirmung gegen intern oder extern generierte HF-Energie bereitzustellen, ist eine leitende Metallkappe 28 vorgesehen.

[0065] Fig. 4a zeigt eine mögliche Anwendung der bevorzugten Vorrichtung, in welcher der Sensor H direkt an der Druckölversorgungsöffnung 62 des Motors 60 angebracht ist. Diese Ölversorgungsöffnung befindet sich gewöhnlich in der Nähe des primären Ölfilters 64 und ein Motor 60 weist mindestens eine Gewindebohrung, die zur Versorgung führt, häufig zum Bereitstellen eines Öldruckschalters oder eines Senders auf. Der Ölgütesensor kann vorteilhafterweise eine dieser Öffnungen unter der Voraussetzung nutzen, daß ein Übergangsstück für den Öldruckschalter oder Sender so bereitgestellt wird, daß beide Geräte gleichzeitig betrieben werden können.

[0066] In einer alternativen Anwendung kann ein T-Stück in der Ölversorgung zum beispielsweise eines Ölkühlers oder Turboaufladers vorgesehen werden, so daß der Sensor mit dem Ölfluß in Kontakt ist.

[0067] Fig. 4b zeigt eine andere mögliche Anwendung der Vorrichtung, in der sie an einer Ölwanne 66 des Motors 60 angebracht ist. Zusätzlich zu der üblichen Ablasschraube sind große Dieselmotoren gewöhnlich mit mindestens einem anderen Ölwannestopfen ausgestattet, so wie zum Beispiel für eine Ölwanneheizung verwendet werden kann. Die Vorrichtung paßt in die Ölwanne an Stelle einer dieser anderen Ölwannestopfen.



[0068] Diese Stopfen befinden sich gewöhnlich auf der Seite der Ölwanne, so daß ein Ölgütesensor H im Wesentlichen horizontal innerhalb des Öls liegen würde. Da immer eine konstante Bewegung des Öls aufgrund der Arbeit der Ölpumpe vorhanden sein wird, besteht keine Gefahr, daß das Öl innerhalb des Sensors, der großzügig mit Perforierungen oder Schlitten versehen ist, stocken wird.

[0069] Fig. 5 zeigt eine Anwendung der Vorrichtung, in der sie direkt an der Eintrittsseite eines Ölumgehungsfilters 68 angebracht ist. Der Zweck solch eines sekundären Filters besteht darin, partikuläres Material bis auf 1 Mikron zu entfernen. Insbesondere in älteren oder rußigen Motoren neigen solche Umgehungsfilter schnell zu verstopfen und da es keine anderen effektiven Mittel des Nachweisens dieses Zustands gibt, kann der Ölgütesensor demzufolge einen Teil eines ganzen Pakets bilden, das heißt: Umgehungsfilter 68, Ölgütesensor H und zugeordnete Fittings 70 und Ausrüstung (nicht gezeigt).

[0070] Fig. 6 zeigt ein Streuungsdiagramm der Amplitude des Ausgangssignals des Gerätes in Abhängigkeit von der Rußkonzentration. Verschiedene Proben wurden aus einer großen Anzahl von unterschiedlichen Quellen entnommen, das heißt es gab viele Motortypen, wobei alle Motoren Öle verschiedener Viskositäten von unterschiedlichen Herstellern verwendeten. Obgleich der Stichprobenumfang relativ gering ist, ist ersichtlich, daß die Korrelation zwischen dem Rußgehalt und der Amplitude des Sensorausgangs, mit einem Korrelationskoeffizienten von 91 %, gut ist. Die Rußkonzentration wurde von einem Labor ermittelt, das sich auf Ölanalyse unter Verwendung von Standardverfahren, zum Beispiel Reflexionsmessung oder gravimetrische Verfahren, spezialisiert hat. Aus Fig. 6 ist ersichtlich, daß die Ausgangsamplitude empfindlich auf den Rußgehalt reagiert. Aus Fig. 7 und Fig. 8 ist ebenfalls ersichtlich, daß sich die Ausgangsamplitude mit

[0072] Fig. 10 zeigt, wie sich der Ausgang des Sensors H mit verschiedenen Sorten von Motorenöl ändert.

.
**Deutsche Übersetzung der
Europäischen Patentschrift Nr. 0980522**

Patentanmeldung Nr. 98920648.7

Patentinhaber: Lubrigard Limited

PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zum Messen der Ölgüte auf der Basis der Dielektrizitätskonstanten des Öls, umfassend einen Kapazitäts-sensor (22, 33) zum Kontakt mit dem Öl und eine Oszillatorschaltung (1-8), welche den Sensor (22, 33) umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß die Oszillatorschaltung (1-8) einen LC- bzw. Kristalloszillator umfaßt und ein Ausgangssignal (OUT) liefert, dessen Amplitude von dem dielektrischen Verlustverhältnis $\tan\delta$ des Öls abhängt, sowie eine Meßeinrichtung (15), welche auf die Amplitude des Ausgangssignals als Maß der Ölgüte anspricht.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Oszillatorschaltung (1-8) derart arbeitet, daß diese einen Strom abnimmt, welcher sich mit dem Verlustverhältnis $\tan\delta$ des Öls ändert und ein Maß der Ölgüte liefert.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Amplitude im wesentlichen umgekehrt proportional zu $\tan\delta$ ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Sensor (22, 33) in einem Sensorkopf (H) eingebaut ist, welcher zum Anbringen an einer Maschine (60), einem Maschinenfilter (68) oder einer Sonde zum Kontakt mit dem Öl geeignet ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Oszillatorschaltung (1-8) in dem Sensorkopf eingebaut ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, wobei ein Temperatursensor (12) in dem Sensorkopf (H) eingebaut ist und ein Temperatur-Ausgangssignal (TEMP) erzeugt, welches zu der Meßeinrichtung (15) geleitet wird, um einen Temperatúrausgleich bei dem Ausgangssignal zu ermöglichen.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Meßeinrichtung (15) einen Prozessor und eine Speichereinrichtung (17) umfaßt, welche eine Nachschlagetabelle von Temperatúrausgleichswerten umfaßt, auf welche der Prozessor (15) gemäß dem Ausgangssignal (OUT) und dem Temperatur-Ausgangssignal (TEMP) zugreift, welche der Prozessor (15) empfängt.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei der Sensor (22, 33) an dem Ende einer langen hohlen flexiblen Sonde angebracht ist, welche zur Einführung in eine Öffnung zum Prüfen von Öl geeignet ist.

9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Meßvorrichtung (15) eine Einmeßeinrichtung umfaßt, mittels welcher bewirkt werden kann, daß ein Basisniveauwert des Ausgangssignals (OUT) in der Speichereinrichtung (17) zum Vergleich beim Bestimmen der Ölgüte aus nachfolgenden Werten des Ausgangssignals (OUT) gespeichert wird.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei der Speicher (17) geeignet ist, gespeicherte Werte zu behalten, wenn die Energie unterbrochen wird.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei viele Werte in Folge auf der Basis des Ausgangssignals (OUT) in dem Speicher (17) zum nachfolgenden Ausgeben gespeichert werden.

12. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Meßeinrichtung (15) eine Anzeigevorrichtung (16) umfaßt, welche eine Anzeige der Ölgüte anzeigt.

13. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Ausgangssignal (OUT) für eine Schnittstellenverbindung mit einem Datenbus geeignet ist.

14. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Sensor (22, 33) eine oder mehrere Kondensatorplatten (33) umfaßt, welche mit Öffnungen (30) durchbohrt sind, um ein Eindringen von Öl zu ermöglichen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, umfassend ein Paar konzentrischer Kondensatorplatten (22, 33).

16. Motor bzw. Maschine, umfassend eine Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche.

17. Ölumgehungsfilter zur Befestigung an einer Maschine, welche eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13 umfaßt.

18. Verfahren zum Messen der Ölgüte auf der Basis der Dielektrizitätskonstanten des Öls unter Verwendung einer Oszillatorschaltung (1-8), welche einen Kapazitätssensor (22) umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor ein LC- bzw. Kristall-oszillator ist und ein Ausgangssignal (OUT) liefert, dessen Amplitude von dem Verlustverhältnis $\tan\delta$ des Öls abhängt und welches verwendet wird, um ein Maß der Ölgüte zu liefern.

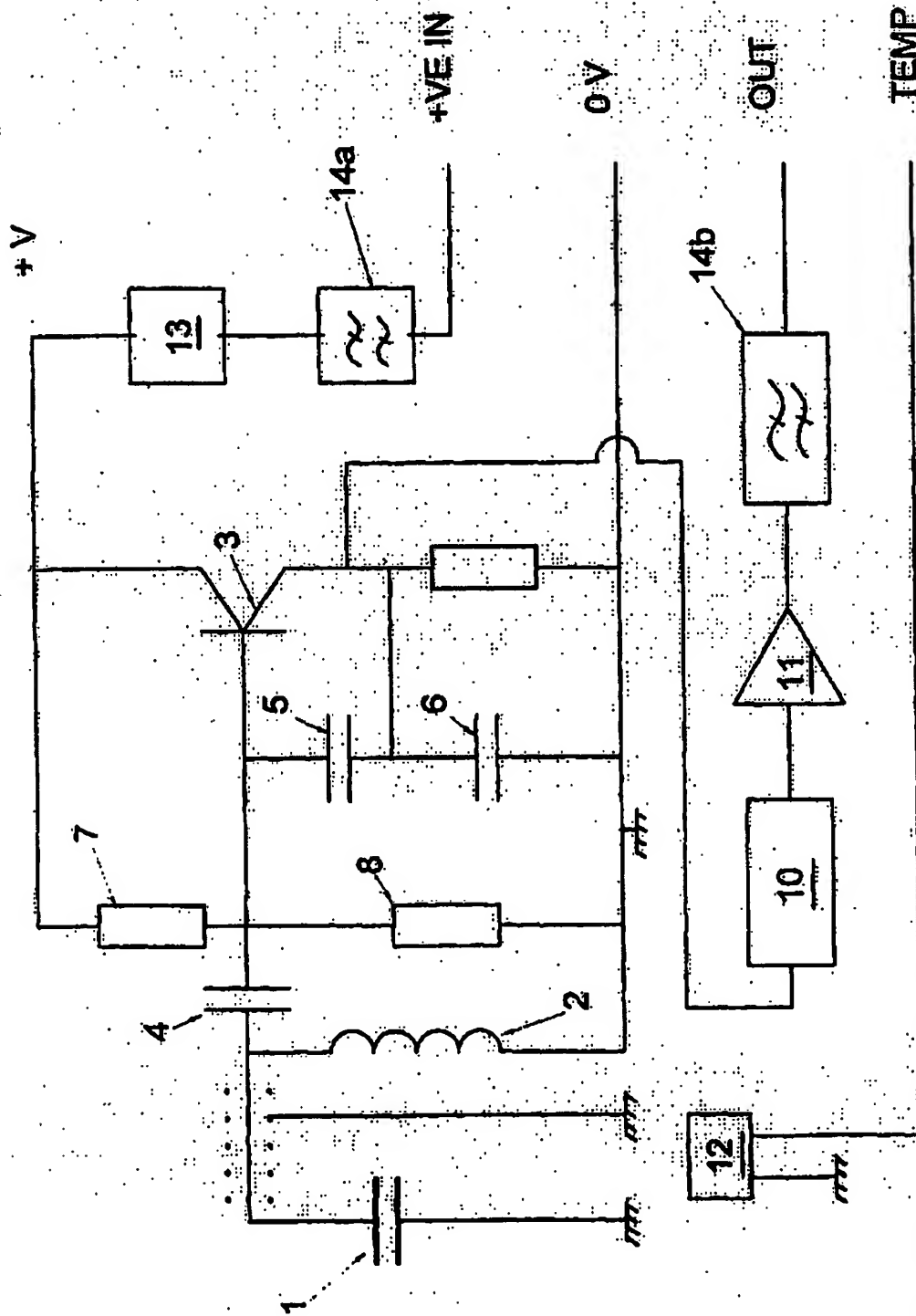


Fig. 1a

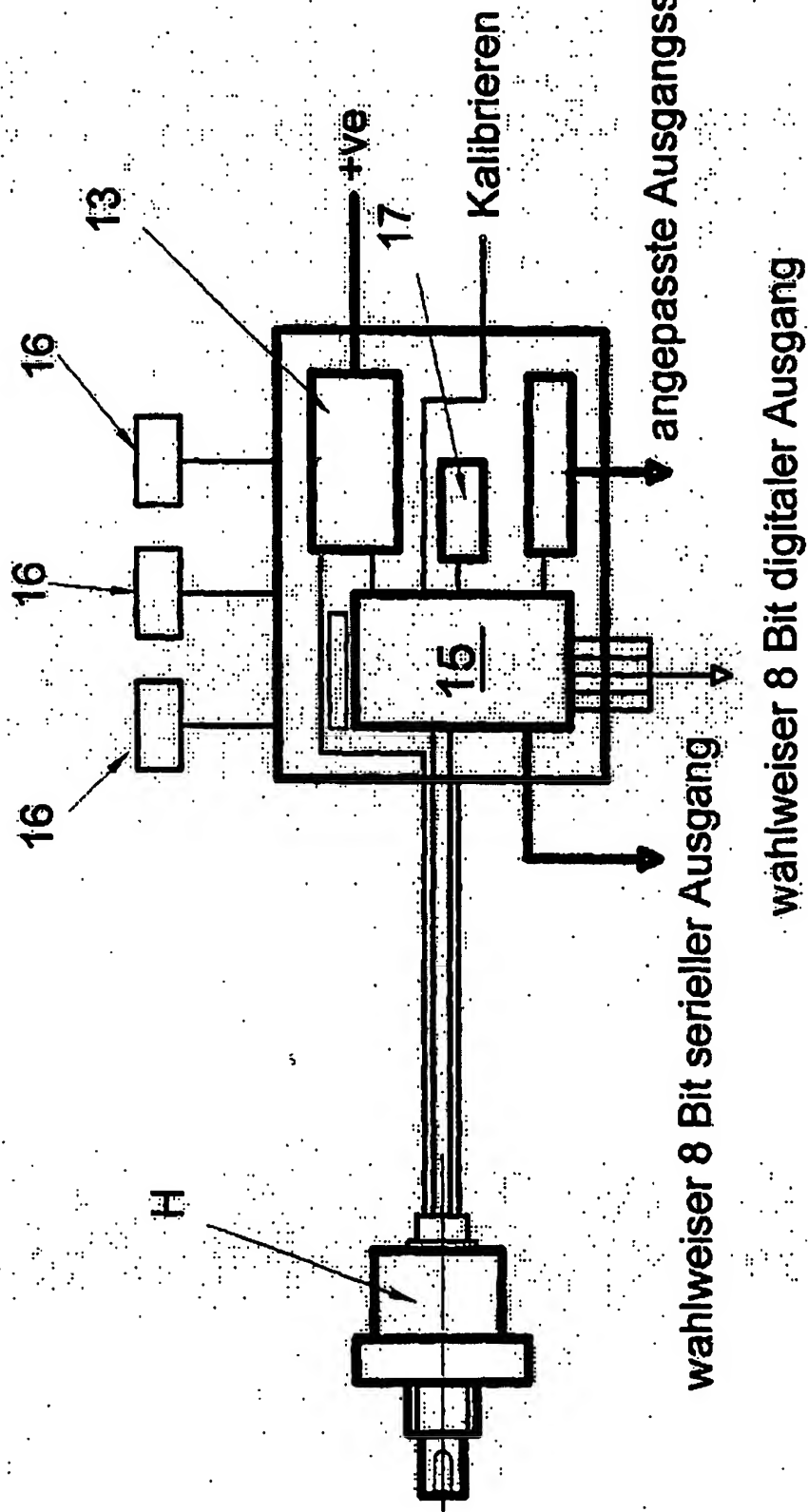


Fig. 1b

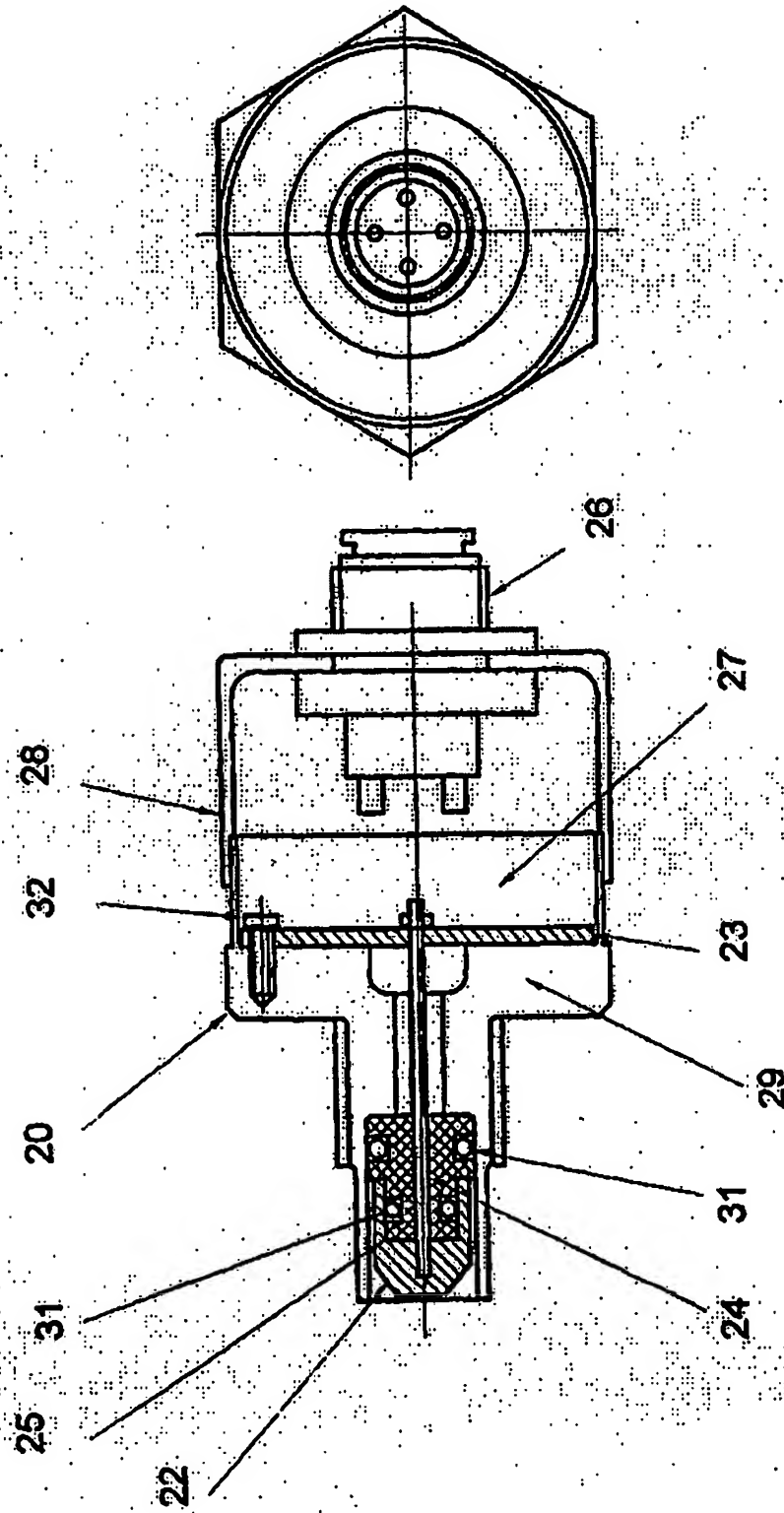


Fig. 2

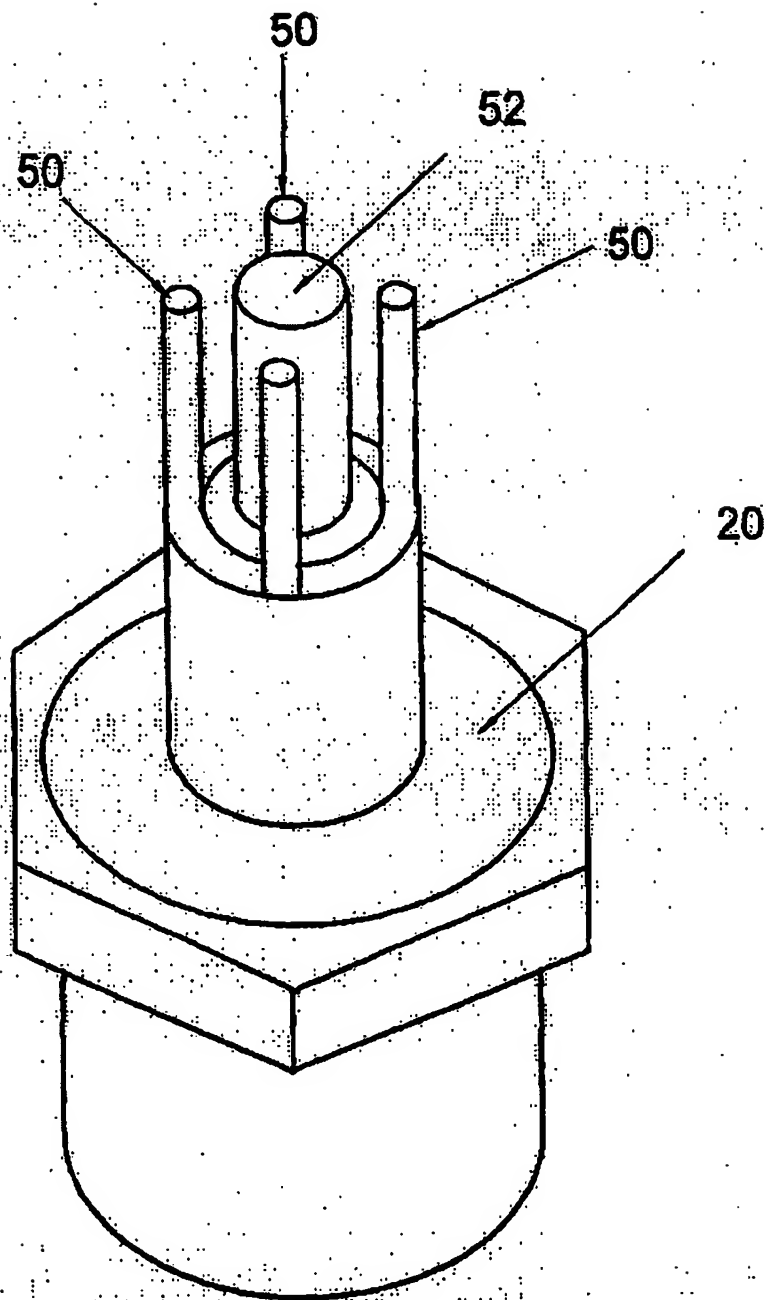


Fig. 3:

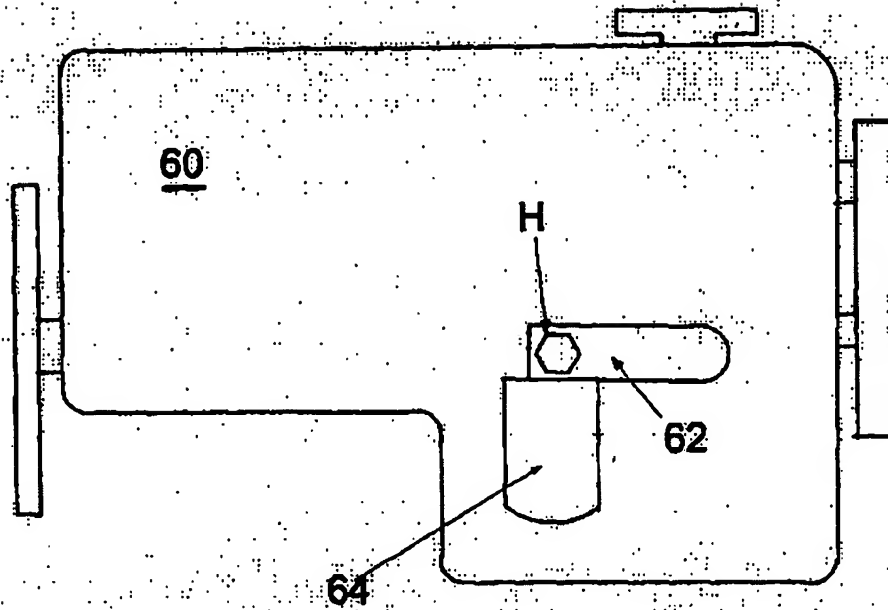


Fig. 4a

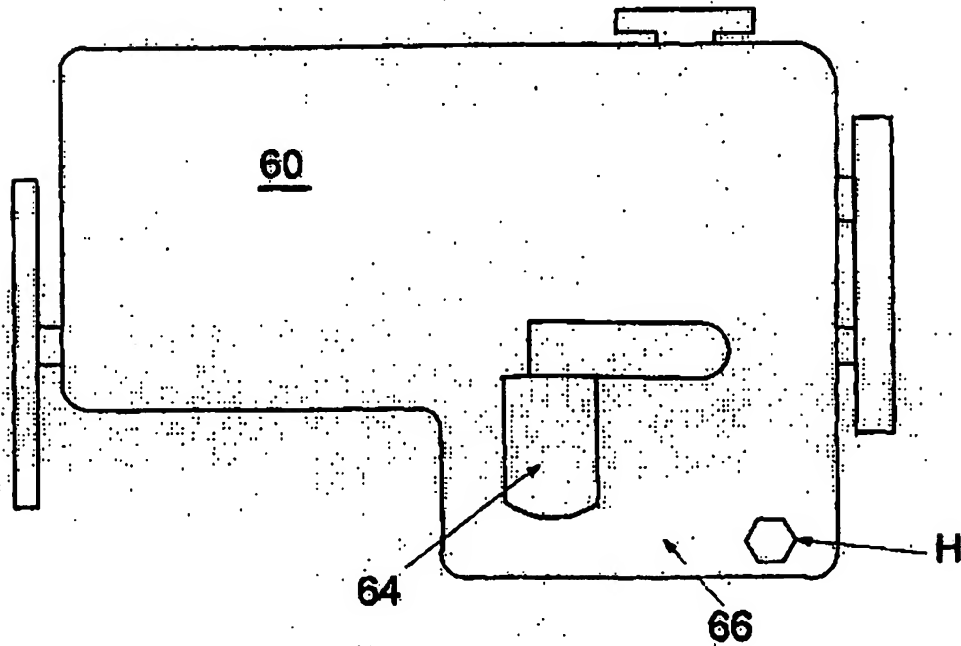


Fig. 4b

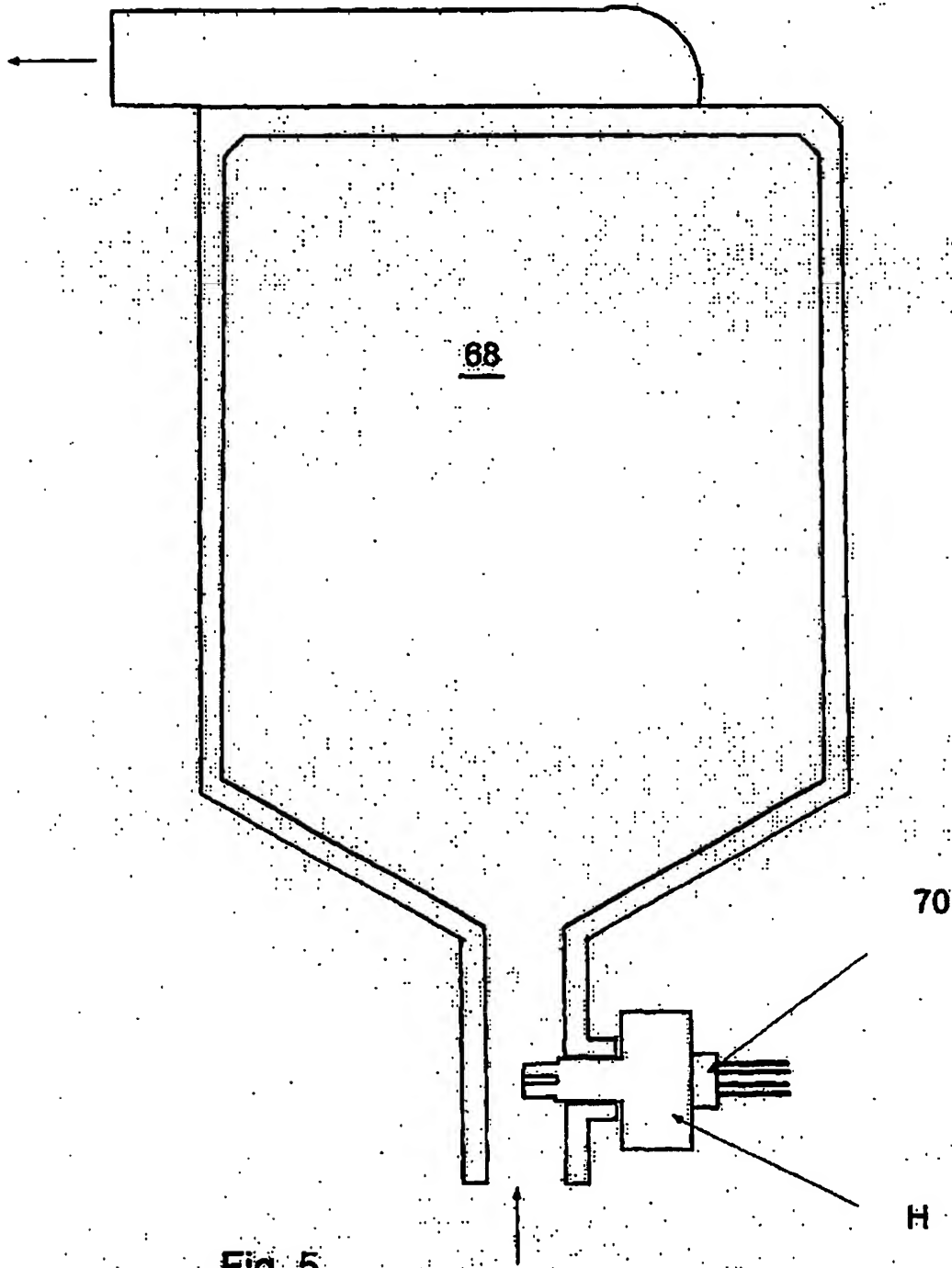
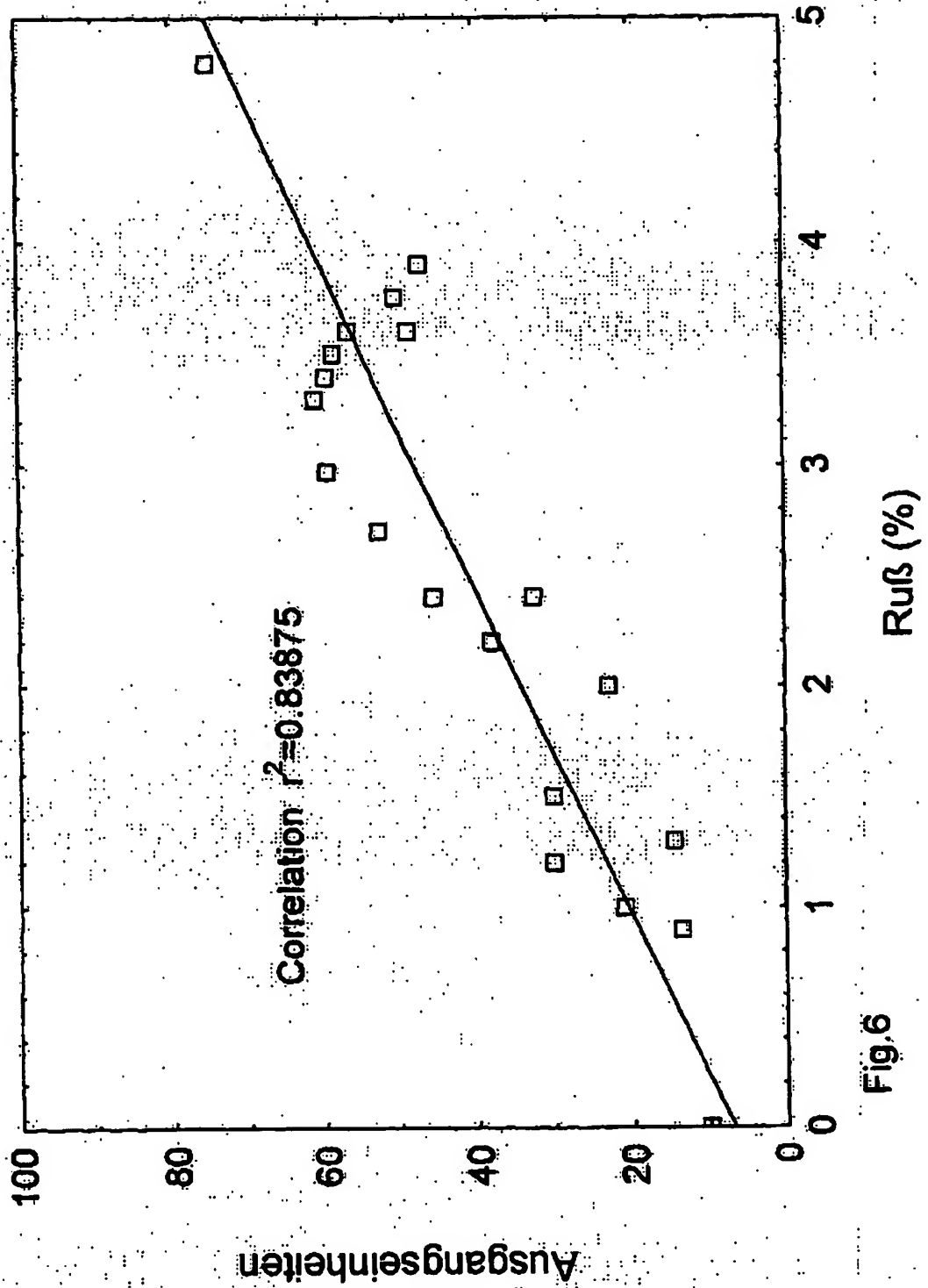


Fig. 5

Normalisiertes Diagramm des Ausgangs über der Rußkonzentration



Ausgang über Abstand bei einem kleinen PKW - Benzin Motor

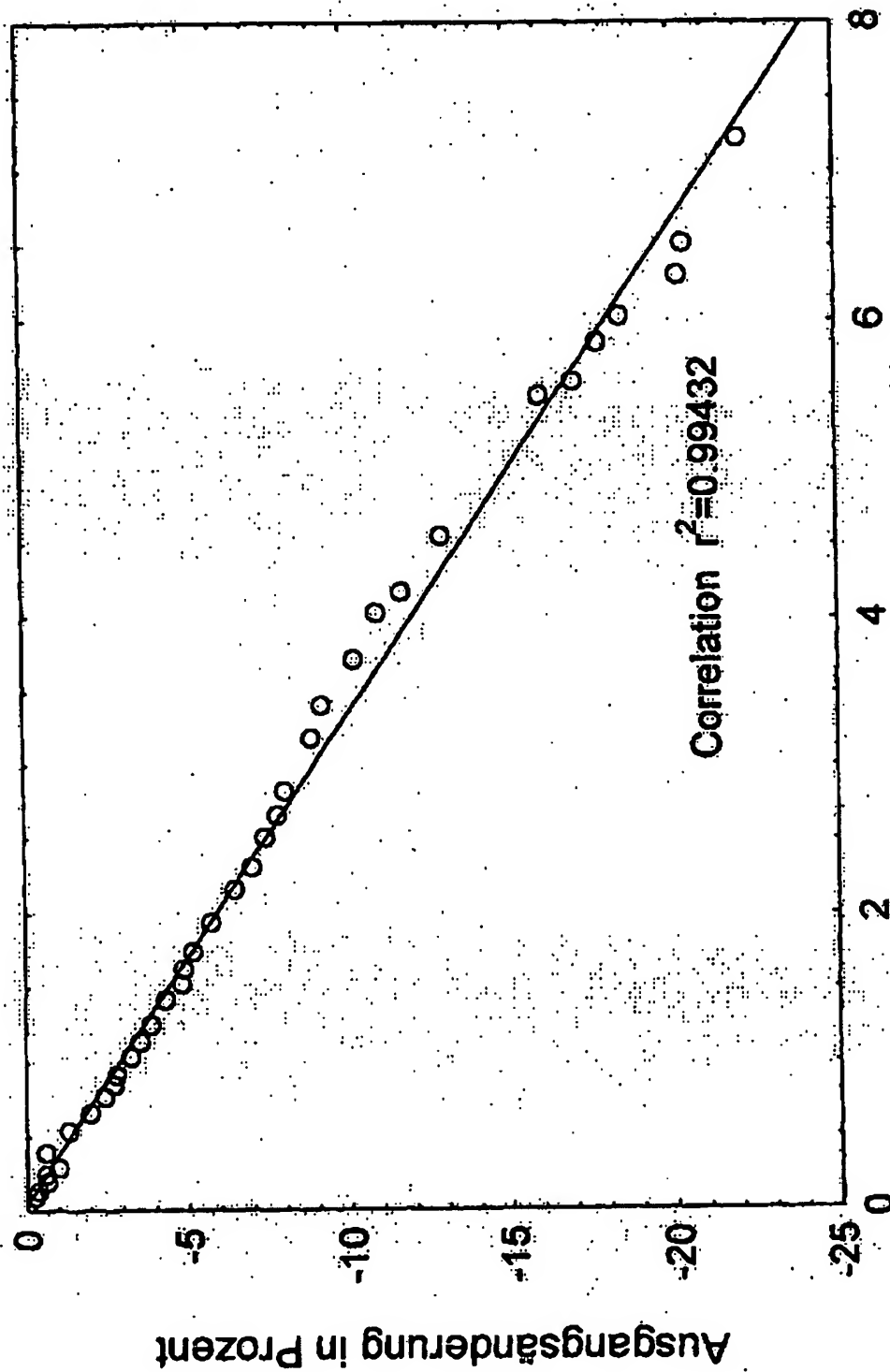


Fig. 7

1/1000 Zoll

Ausgang über Abstand bei einem LKW - Dieselmotor

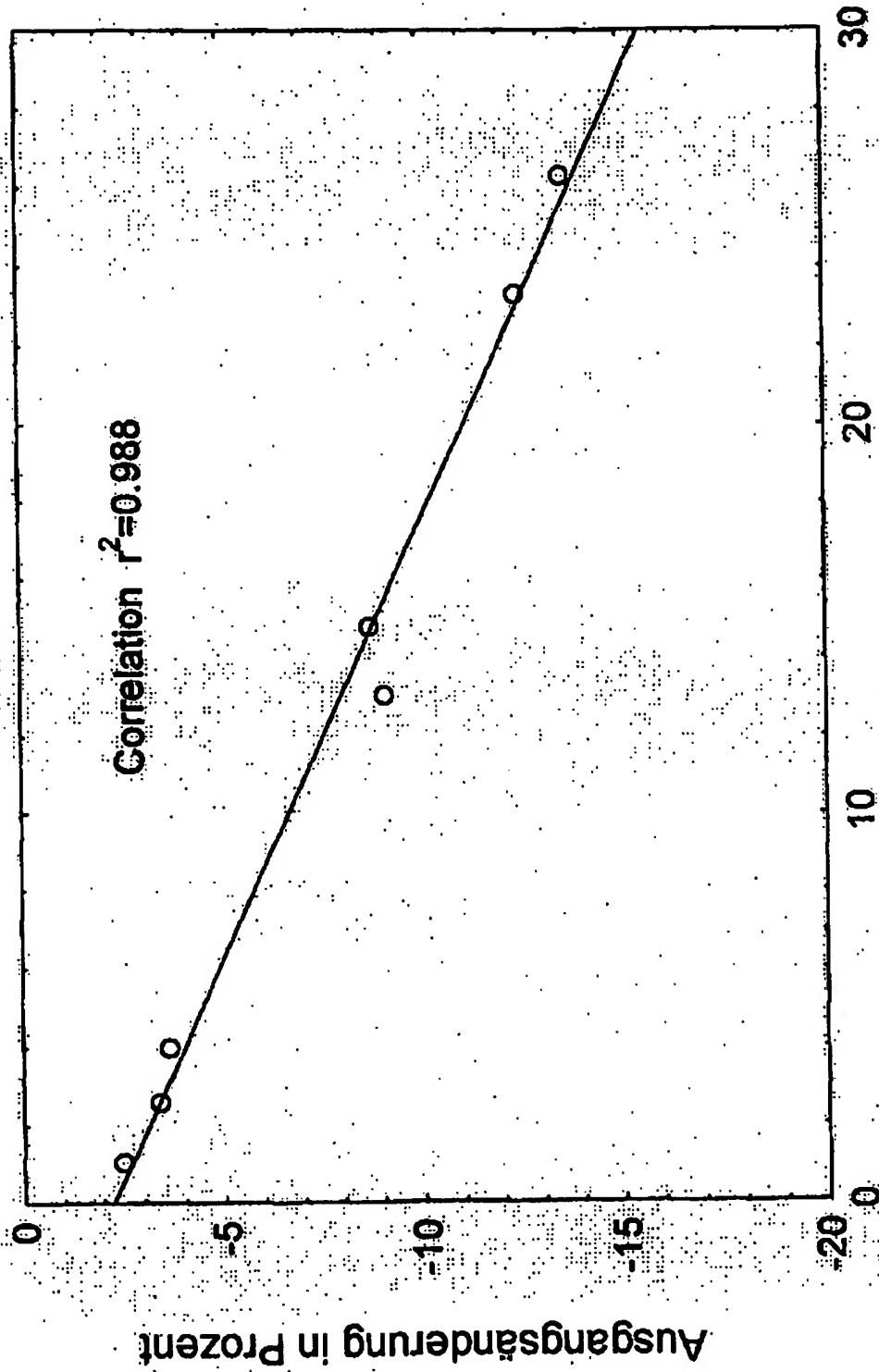


Fig. 8 Abstand (1/1000 km)

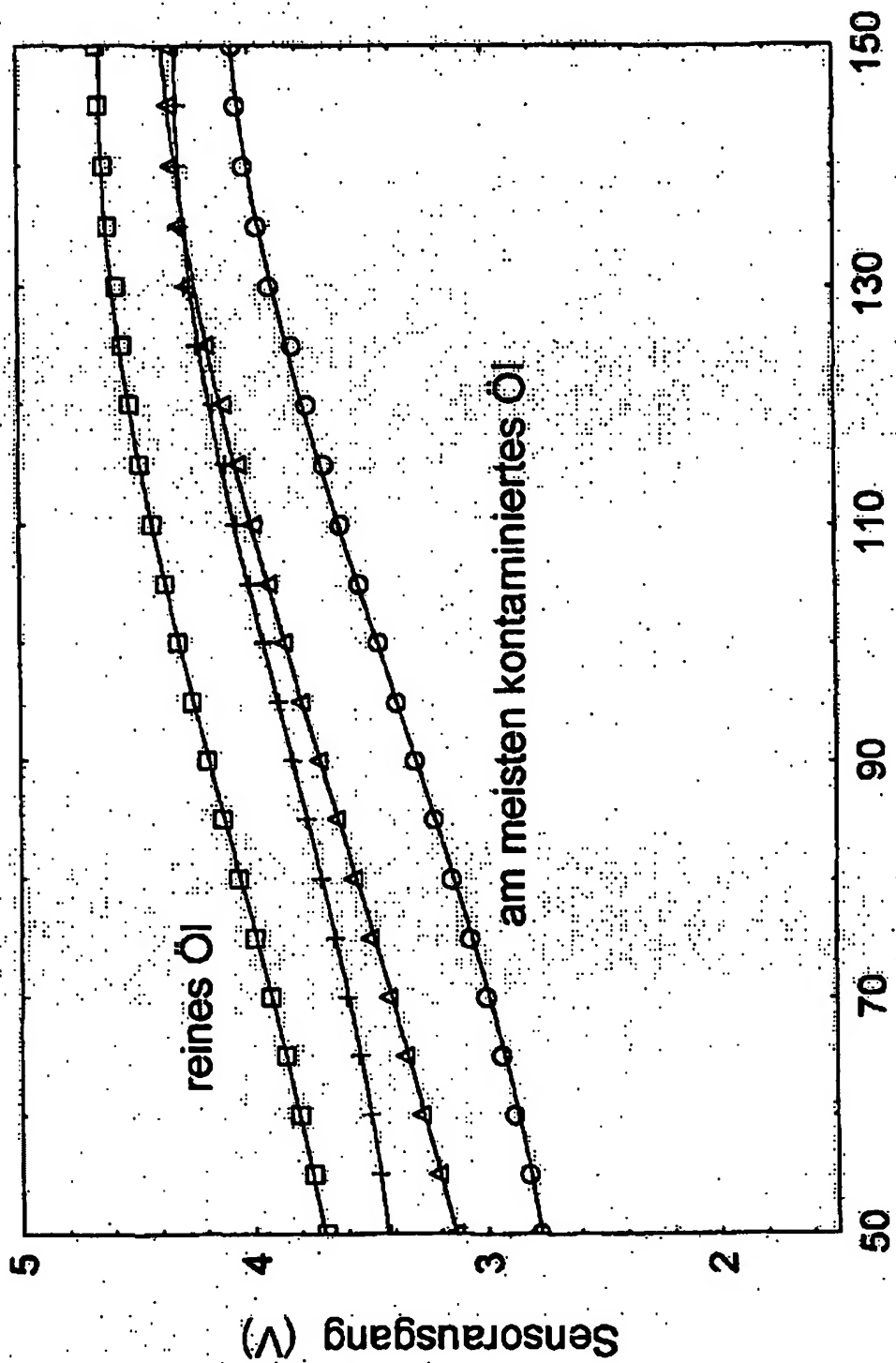
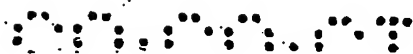


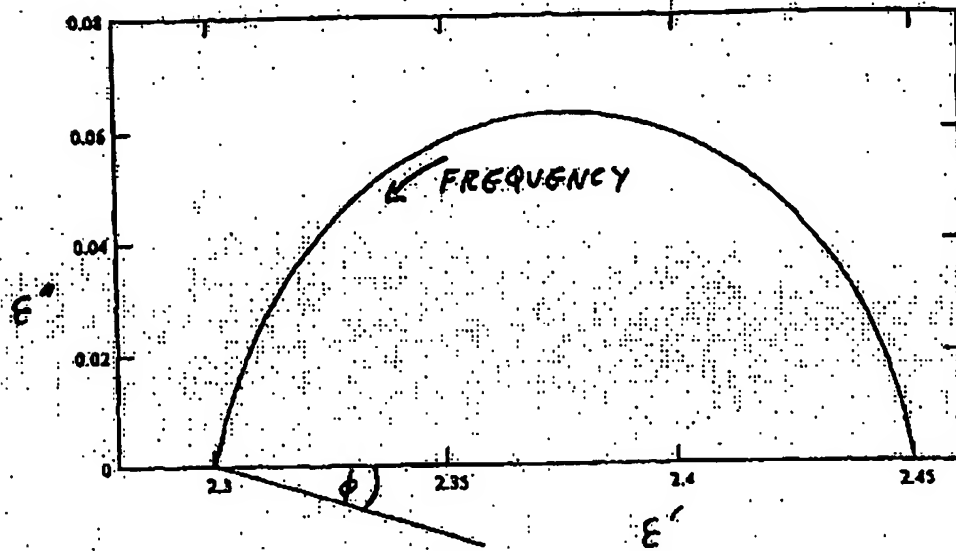
Fig. 9
Temperatur in Grad Celsius

Abstract



•

Ein typisches Diagramm für ein flüssiges Dielektrikum



Neigungswinkel (Hochfrequenzgrenze) $\phi = (1 - \alpha) \cdot \frac{\pi}{2}$ $\phi = 9^\circ \text{deg}$

$$\alpha = 0.9$$

$$\beta = 0.95$$

Fig. 11

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.